

# Best Available Copy

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2003-204099

(P 2003-204099 A)

(43) 公開日 平成15年7月18日 (2003. 7. 18)

| (51) Int. Cl. 7  | 識別記号  | F I     | テーマコード (参考)    |
|------------------|-------|---------|----------------|
| H 0 1 S          | 3/082 | H 0 1 S | 3/082 2K002    |
| A 6 1 B          | 18/20 | A 6 1 N | 5/06 E 4C026   |
| A 6 1 F          | 9/007 | G 0 2 F | 1/37 4C082     |
| A 6 1 N          | 5/06  | H 0 1 S | 3/109 5F072    |
| G 0 2 F          | 1/37  | A 6 1 B | 17/36 3 5 0    |
| 審査請求 未請求 請求項の数 7 |       | O L     | (全 7 頁) 最終頁に続く |

(21) 出願番号 特願2002-2812 (P2002-2812)

(22) 出願日 平成14年1月9日 (2002. 1. 9)

(71) 出願人 000135184

株式会社ニデック

愛知県蒲郡市栄町7番9号

(72) 発明者 高田 康利

愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会

社ニデック 拾石工場内

(72) 発明者 林 健一

愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会

社ニデック 拾石工場内

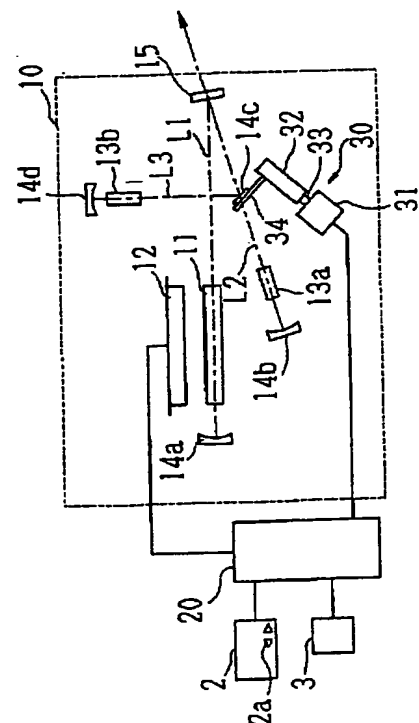
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 簡略な構成で波長切換え時のアライメント精度の確保をさらに容易にし、効率良く複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置を提供する。

【解決手段】 異なる波長のレーザ光を出射するレーザ装置であって、レーザ発振源と、レーザ発振源を挟んで配置された一対の共振用ミラーの共振によって第1レーザ光を発振する第1共振光学系と、平面ミラーと、平面ミラーをその平面方向に移動させて第1共振光学系の光路間に挿脱する挿脱手段と、平面ミラーの光路への挿入によって第1共振光学系におけるレーザ発振源側の共振光路を共用すると共に、その平面ミラーの反射方向に配置された専用の共振用ミラーの共振によって第1のレーザ光とは異なる第2レーザ光を発振する第2共振光学系と、を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる波長のレーザ光を出射するレーザ装置であって、レーザ発振源と、該レーザ発振源を挟んで配置された一対の共振用ミラーの共振によって第 1 レーザ光を発振する第 1 共振光学系と、平面ミラーと、該平面ミラーをその平面方向に移動させて前記第 1 共振光学系の光路間に挿脱する挿脱手段と、前記平面ミラーの光路への挿入によって前記第 1 共振光学系における前記レーザ発振源側の共振光路を共用すると共に、その平面ミラーの反射方向に配置された専用の共振用ミラーの共振によって前記第 1 のレーザ光とは異なる第 2 レーザ光を発振する第 2 共振光学系と、を備えることを特徴とするレーザ装置。

【請求項 2】 請求項 1 のレーザ装置において、前記第 1 共振光学系又は第 2 共振光学系の専用光路の少なくとも一方に配置された波長変換素子を備えることを特徴とするレーザ装置。

【請求項 3】 請求項 1 のレーザ装置において、前記挿脱手段は前記平面ミラーをその平面と直交する軸回りに回転させる回転駆動機構であることを特徴とするレーザ装置。

【請求項 4】 請求項 1 のレーザ装置において、前記第 2 共振光学系を構成する第 1 の平面ミラーとは異なる第 2 の平面ミラーと、該第 2 平面ミラーをその平面方向に移動させる第 2 の挿脱手段であって、前記第 1 共振光学系の光路間において前記第 1 平面ミラーとは異なる位置に挿脱する第 2 挿脱手段と、前記第 2 平面ミラーの光路への挿入によって前記第 1 共振光学系における前記レーザ発振源側の共振光路を共用すると共に、その平面ミラーの反射方向に配置された専用の共振用ミラーを持ち、前記第 1 及び第 2 レーザ光とは異なるレーザ光を発振する第 3 共振光学系とを備え、前記第 1 平面ミラーの挿脱手段と前記第 2 平面ミラーの挿脱手段は、各平面ミラーの平面と直交する共通の軸を中心にその軸回りに回転する回転駆動機構を持つことを特徴とするレーザ装置。

【請求項 5】 請求項 4 のレーザ装置において、前記第 1 平面ミラーと第 2 平面ミラーとは同一の挿脱手段にて共振光路内に各々挿脱されることを特徴とするレーザ装置。

【請求項 6】 請求項 1～5 の何れかのレーザ装置は、さらに、発振するレーザ光の出力を検知する検知手段と、該検知結果に基づいて前記第 1 共振光路内に挿入される平面ミラーの反射角度を変化させる角度変更手段と、を備えることを特徴とするレーザ装置。

【請求項 7】 請求項 1 のレーザ装置において、前記レーザ発振源は異なる複数のピーク波長の発振線を持つ固体レーザ媒質であり、前記第 1 光学系と第 2 光学系にはそれぞれ異なる発振線の第 2 高調波をレーザ光として得るための波長変換素子が配置されていることを特徴とするレーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の波長のレーザ光を選択、発振することができるレーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来技術】 複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置としては、レーザ光の波長が可変なアルゴン・ダイレーザやマルチウェイブレングスのクリプトンレーザなどが知られている。これらは、患部や治療目的によって適する波長が異なる眼科手術等の医療分野など、様々な分野で使用されている。例えば、眼科手術においては、可視域を中心に波長（色）の違いによって異なる疾患（患部）の治療を行っており、疾患（患部）によっては赤と緑などの異なる波長（色）を同時に又は切換えて使用する場合もあるため、1 台の装置で複数の異なる波長を出射できるのは都合がよい。ところで、前述した波長可変のレーザ治療装置は気体又はダイレーザであり、レーザチューブが短寿命であること、多大な電力を必要とすること、装置が大型化することなど問題が多いため、固体レーザによる多波長発振可能なレーザ装置が研究されている。そのような背景の中、例えば本出願人による特願平 2001-248714 号に示すように、ミラー等の光学部材を共振光路内に挿脱させることによって共振光路の切り替えを行い、それによって波長選択を行う方法が提案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 特願平 2001-248714 号では波長切り替え時に駆動する光学部材の数を極力少なくさせることにより、アライメント精度を妨げる要因を少なくさせるものとしている。しかしながら、さらにアライメント精度を高めようとする場合、駆動する光学部材の挿脱に伴う停止位置の再現性等を考慮する必要がある。

【0004】 本発明は、上記問題点を鑑み、簡略な構成で波長切換え時のアライメント精度の確保をさらに容易にし、効率良く複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置を提供することを技術課題とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

(1) 異なる波長のレーザ光を出射するレーザ装置であって、レーザ発振源と、該レーザ発振源を挟んで配置された一対の共振用ミラーの共振によって第 1 レーザ光を発振する第 1 共振光学系と、平面ミラーと、該平面ミラーをその平面方向に移動させて前記第 1 共振光学系の光路間に挿脱する挿脱手段と、前記平面ミラーの光路への挿入によって前記第 1 共振光学系における前記レーザ発振源側の共振光路を共用すると共に、その平面ミラー

の反射方向に配置された専用の共振用ミラーの共振によって前記第1のレーザ光とは異なる第2レーザ光を発振する第2共振光学系と、を備えることを特徴とする。

(2) (1)のレーザ装置において、前記第1共振光学系又は第2共振光学系の専用光路の少なくとも一方に配置された波長変換素子を備えることを特徴とする。

(3) (1)のレーザ装置において、前記挿脱手段は前記平面ミラーをその平面と直交する軸回りに回転させる回転駆動機構であることを特徴とする。

(4) (1)のレーザ装置において、前記第2共振光学系を構成する第1の平面ミラーとは異なる第2の平面ミラーと、該第2平面ミラーをその平面方向に移動させる第2の挿脱手段であって、前記第1共振光学系の光路間において前記第1平面ミラーとは異なる位置に挿脱する第2挿脱手段と、前記第2平面ミラーの光路への挿入によって前記第1共振光学系における前記レーザ発振源側の共振光路を共用すると共に、その平面ミラーの反射方向に配置された専用の共振用ミラーを持ち、前記第1及び第2レーザ光とは異なるレーザ光を発振する第3共振光学系とを備え、前記第1平面ミラーの挿脱手段と前記第2平面ミラーの挿脱手段は、各平面ミラーの平面と直交する共通の軸を中心にその軸回りに回転する回転駆動機構を持つことを特徴とする。

(5) (4)のレーザ装置において、前記第1平面ミラーと第2平面ミラーとは同一の挿脱手段にて共振光路内に各々挿脱されることを特徴とする。

(6) (1)～(5)の何れかのレーザ装置は、さらに、発振するレーザ光の出力を検知する検知手段と、該検知結果に基づいて前記第1共振光路内に挿入される平面ミラーの反射角度を変化させる角度変更手段と、を備えることを特徴とする。

(7) (1)のレーザ装置において、前記レーザ発振源は異なる複数のピーク波長の発振線を持つ固体レーザ媒質であり、前記第1光学系と第2光学系にはそれぞれ異なる発振線の第2高調波をレーザ光として得るための波長変換素子が配置されていることを特徴とする。

#### 【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

<実施例1>実施例1では2波長のレーザ光を選択的に発振する装置を用いて説明する。図1はスリットランプを使用する眼科用レーザ光凝固装置の外観図である。図2は装置の光学系及び制御系概略図である。1はレーザ装置本体であり、後述するレーザ発振器10、レーザ光を患者眼の患部に導光して照射するための導光光学系の一部、制御部20等が収納されている。2は装置のコントロール部であり、レーザ光の波長を選択する波長選択スイッチ2aやレーザ照射条件を設定入力するための各種スイッチが設けられている。3はレーザ照射のトリガ信号を発信するためのフットスイッチである。4はスリ

ットランプであり、患者眼を観察するための観察光学系と導光光学系の一部とが備えられている。5は本体1からのレーザ光をスリットランプ4に導光するためのファイバである。6はスリットランプ4を上下動するための架台である。

【0007】図2において、10はレーザ発振器であり、内部にはレーザ発振源としての固体レーザ媒質であるNd:YAG結晶(以下、単にロッドともいう)11、励起光源である半導体レーザ(以下、単にLD(Laser Diode)ともいう)12、波長変換器である非線形結晶(以下、単にNLC(Non Linear Crystal)ともいう)13a、13b、全反射ミラー(以下、単にHR(High Reflector)ともいう)14a～14d、出力ミラー15が備えられている。なお、非線形結晶としては、KTP結晶、LBO結晶、BBO結晶等が使用可能であり、本実施形態ではKTP結晶を使用している。

【0008】Nd:YAG結晶は励起光源からの励起光により、近赤外域の複数の発振線(ピーク波長)を持つ光を放出する。そこで、本実施形態の装置では、複数の発振線の中で出力が高い、約1064nm、約1319nmの2つの発振線における第二高調波を、非線形結晶を利用して発生させることにより、約532nm(緑)及び約659nm(赤)の2色のレーザ光を出射させる。

【0009】ロッド11が配置される光軸L1の光路の一端にはHR14aが設けられ、他端には出力ミラー15が所定角度だけ傾けて設けられている。HR14aは1064nm及び1319nmの波長に対して全反射の特性を持つものであるが、これに限るものではなく、1064nm及び1319nmの波長を含んだ赤外域の波長を広く反射するような特性を持つものであってもかまわない。出力ミラー15は1064nm及び1319nmの波長を全反射するとともに、532nm及び659nmを透過する特性を持つ。出力ミラー15の反射方向の光軸L2上には、NLC13aとHR14bが固定されて設けられている。NLC13aは1319nmの波長に対して、その第二高調波である659nmの波長を発生させるように配置されている。HR14bは1319nm及び659nmに対して全反射の特性を持つ。

【0010】このような光学配置により、ロッド11を挟んで光軸L1のHR14aと光軸L2上のHR14bが対向する一対の共振器構造を持つ第1の共振光学系が構成され、NLC13aによって発生される第二高調波の659nmをロッド11にて阻害されることなく、出力ミラー15より出射することが可能である。なお、光軸L1と光軸L2とがなす角度(反射角度)は収差の影響を考慮するとできるだけ狭い方が好ましい。

【0011】また、光軸L2上の出力ミラー15とNLC13aとの間には、平面ミラーであるHR14cが挿脱可能に配置される。HR14cは1064nm及び5

32 nmに対して全反射の特性を持つ。HR14cの反射方向の光軸L3上には、NLC13bとHR14dが固定的に設けられている。NLC13bは1064 nmの波長に対して、その第二高調波である532 nmの波長を発生させるように配置されている。HR14dはHR14cと同じく1064 nm及び532 nmに対して全反射の特性を持つ。

【0012】このような光学配置により、HR14cが光軸L2上に挿入された時には、第1の共振光学系のHR14a、ロッド11、出力ミラー15を共用し、HR14aとHR14dとがロッド11を挟んで一対の共振器となる第2の共振光学系が構成される。HR14cの光軸L2上への挿脱は、挿脱装置30によって行われる。図3は挿脱装置30の構成を示した概略図である。

【0013】31は駆動手段であり、本実施例ではステッピングモータを使用する。また、駆動手段31はステッピングモータに限らず、回転角度の制御ができるような物であればよい。駆動手段31には接合部材33を介して軸部32が接合されており、駆動手段31の駆動により軸部32が回転するようになっている。また、軸部32にはミラーホルダ34が回転軸に対して所定の軸角度にて取り付けられている。さらにHR14cはその反射面の平面が軸部32の回転軸に対して直角となるようにミラーホルダ34に取り付けられている。このような構成を備える挿脱手段30によって、HR14cは回転動作にてその平面方向に移動され、光軸L2上に挿脱されることとなる。

【0014】また、このような回転動作により、HR14cが図3に示す実線の位置にあるときは、第2の共振光学系を形成し、図3に示す点線の位置（HR14cの反射面に光軸L2が当たらない位置）にHR14cがあるときには、第1の共振光学系を形成することとなる。

【0015】以上のような構成を備えるレーザ光凝固装置において、その動作を説明する。

<659 nmのレーザ光の出射方法>術者は波長選択スイッチ2aにより、手術に使用するレーザ光の色（波長）を赤色（659 nm）とする。赤色の選択時には、HR14cは図3に示す点線の位置となっており、光軸L2の外に置かれる。レーザ光の出射制御はフットスイッチ3を使用して、制御部20に出射のトリガ信号を与えることによって行われる。トリガ信号を受けると制御部20は、LD12に電流を印可し、LD12によってロッド11を励起する。なお、ロッド11であるNd:YAG結晶の両端面には、1064 nm、1319 nmに対して透過性を高めるようにAR (Anti Reflective) コーティングが施されている。ロッド11が励起されると、HR14aとHR14bとの間では1319 nmの光が共振され、さらに光軸L2上に配置されたNLC13aによって第2高調波である659 nmの光に波長変換される。得られた659 nmのレーザ光は、出力

ミラー15を透過し、ファイバ5へ導光される。そして、スリットランプ4の照射口から患者眼に向けて照射される。

【0016】<532 nmのレーザ光の出射方法>術者は波長選択スイッチ2aにより、手術に使用するレーザ光の色（波長）を緑色（532 nm）とする。制御部20は挿脱装置30を駆動させ、HR14cを光軸L2上に位置させる（図3の実線位置）。また、制御部20はフットスイッチ3からのトリガ信号によってLD12に電流を印可させ、ロッド11を励起させる。ロッド11が励起されると、HR14aとHR14dとの間では1064 nmの光が共振され、さらに光軸L3上に配置されたNLC13bによって第2高調波である532 nmの光に波長変換される。得られた532 nmのレーザ光は、出力ミラー15を透過し、ファイバ5へ導光される。そして、スリットランプ4の照射口から患者眼に向けて照射される。

【0017】なお、以上ではHR14cを回転動作によってその平面方向に移動して光軸L2上に挿脱するものとしたが、これは直線移動による機構としても良い。このような構成のため、HR14cの停止位置のずれが発生しても、HR14cの反射面に光軸L2が当たっていれば、常にその反射光は光軸L3上に位置することとなる。したがって駆動手段31の駆動誤差等により、HR14cの反射面の中心に光軸L2が位置しなくても第2の共振光学系を形成する際のアライメント精度が確保されることとなり、レーザ発振が効率よく行われることとなる。

【0018】<実施例2>次に実施例2では3波長のレーザ光を選択的に発振する装置を用いて説明する。図4は装置の光学系及び制御系概略図、図5は挿脱装置30'の構成を示す図である。ここで実施例1と同機能を有するものは同符号を付し、説明は省略する。実施例2の装置では、約1064 nm、約1123 nm、約1319 nmの3つの発振線における第二高調波を、非線形結晶を利用して発生させることにより、約532 nm（緑）、約561 nm（黄）及び約659 nm（赤）の3色のレーザ光を出射させる。

【0019】ロッド11が配置される光軸L1の光路の一端にはHR14a'が設けられ、他端には出力ミラー15'が所定角度だけ傾けて設けられている。ここでHR14a'は1064 nm、1123 nm及び1319 nmの波長に対して全反射の特性を持つものである。出力ミラー15'は1064 nm、1123 nm及び1319 nmの波長を全反射するとともに、532 nm、561 nm及び659 nmを透過する特性を持つ。

【0020】実施例2では実施例1に示した光学部材に加えて、HR14e、HR14f、NLC13c、波長選択素子60が追加される。HR14eは、HR14cが挿脱される位置とNLC13aとの間にて光軸L2上

7  
を挿脱可能に配置されている。また、HR14eの反射方向の光軸L4上には、NLC13cとHR14fが固定的に設けられている。ここでHR14e及びHR14fは1123nm及び561nmに対して全反射の特性を持つ。NLC13cは1123nmの波長に対して、その第二高調波である561nmを発生するように配置されている。このような構成を用いることにより、第1の共振光学系のHR14a、ロッド11、出力ミラー15を共用し、HR14aとHR14fとがロッド11を挟んで一対の共振器となり、第3の共振光学系が形成される。

【0021】また、HR14eを光軸L2上に挿脱させるための挿脱装置30'は図5に示すような構成を用いる。ここで示す挿脱装置30'は、実施例1に示した挿脱装置30にミラーホルダ35及びHR14eが加わったものとなっている。ミラーホルダ34とミラーホルダ35とは軸部32の回転軸に対して異なる軸角度にて、軸部32上の異なる位置に各々取り付けられている。また、HR14c及びHR14eはともに平面ミラーであり、回転軸を中心に同心円上にミラーホルダ34、35に各々取り付けられている。

【0022】なお、実施例1と同様に、HR14c及びHR14eの取付はその反射面が回転軸に対して直角になるようにされている。また、光軸L2上におけるHR14cとHR14eとを切り替える、回転による駆動誤差をできるだけ少なくすることが好ましい。したがって、軸部32に取り付けられたミラーホルダ34に対するミラーホルダ35の設置角度(軸角度)は、共振光学系を設計する上で障害とならない程度に小さくしておく。

【0023】以上のような構成を備えるレーザ光凝固装置において3波長を選択的に発振、出射させる動作を説明する。659nmのレーザ光を出射する場合は、挿脱装置30'を使用してHR14c及びHR14eを光軸L2から外しておけばよい。また、532nmのレーザ光を発振、出射させる場合は、挿脱装置30'を使用してHR14cを光軸L2上に位置させておけばよい。このときHR14eは自動的に光軸L2から外れることとなる(図5においてHR14cを実線の位置に置いた場合)。また、561nmのレーザ光を発振、出射させる場合は挿脱装置30'を使用してHR14eを光軸L2上に位置させておけばよい。このときHR14cは自動的に光軸L2から外れることとなる(図5においてHR14fを点線の位置に置いた場合)。

【0024】このように3波長の切り替えを1つの挿脱機構にて行うことにより、複数の挿脱機構を用いるのに比べて、さらにアライメント精度が向上し、効率の良いレーザ発振が可能となる。また、簡略な構成であるため、複数の挿脱機構を用いるのに比べてコストを下げる事ができる。以上の実施例では、3波長を選択、出射

するものとしているが、これに限るものではなく、4波長等のさらに複数の波長を選択、出射することができる。

【0025】また、実施例1、2では平面ミラーの反射面を回転軸に対して直角に位置させるものとしたが、駆動手段の駆動動作時に回転動作時における軸のがたつきが生じる場合がある。このような場合、がたつきによって反射面が回転軸に対して直角を維持できなくなることとも考えられる。このような場合であってもアライメント精度を維持することのできる構成を図6に示し、説明する。ここで実施例1と同様の機能を有するものは同符号を付し、説明を省略する。

【0026】36はステッピングモータからなる駆動手段であり、図示なき駆動軸を介して軸部32を図6に示す矢印方向にHR13cを回転駆動させることができ、これによってHR14cに当たる光束の反射角度を変化させることができる。50はビームスプリッタ、51は集光レンズ、52はフォトダイオードからなる出力検知手段である。

【0027】実施例1と同様にHR14cを光軸L2上に置き、出力ミラー15から532nmのレーザ光が出射されると、その光束の一部はビームスプリッタ50によって反射され、集光レンズ51を経て出力検知手段52に受光されることとなる。制御部20は出力検知手段52からの出力検知信号が最大となるように、駆動手段36を使用してHR14cの反射角度を変化させ、HR14cの位置角度を決定させる。

【0028】このような構成を用いることにより、光軸L2上にHR14cの挿入時のガタツキ等によって、軸部32の回転軸とHR14cの反射面とが直角に維持されていない場合であっても、アライメント精度を上げることが可能である。また、本実施の形態では眼科に使用するレーザ光凝固装置を例に挙げ説明したが、これに限るものではなく、多波長の切り替えを行うレーザ装置であれば本発明を適用することができる。また、固体レーザだけではなくガスレーザ等、他のレーザ発振形態にも適用することが可能である。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、波長切換え時のアライメント精度の確保を容易にし、効率良く複数の異なる波長のレーザ光を得ることができる。また、3波長以上のレーザ光を切り替えて出力する場合であっても、切り替えの駆動機構を1つにすることにより、アライメントずれを極力抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態で使用するレーザ装置の外観を示した図である。

【図2】実施例1の光学系及び制御系を示した図である。

【図3】実施例1に使用する挿脱装置の構成を示した図

である。

【図4】実施例2の光学系及び制御系を示した図である。

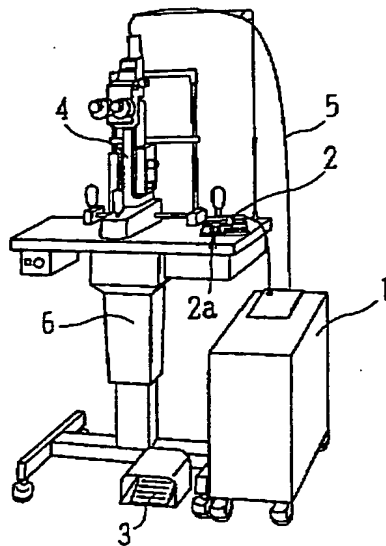
【図5】実施例2に使用する挿脱装置の構成を示した図である。

【図6】挿脱するミラーの反射角度を調整するための機構を示した図である。

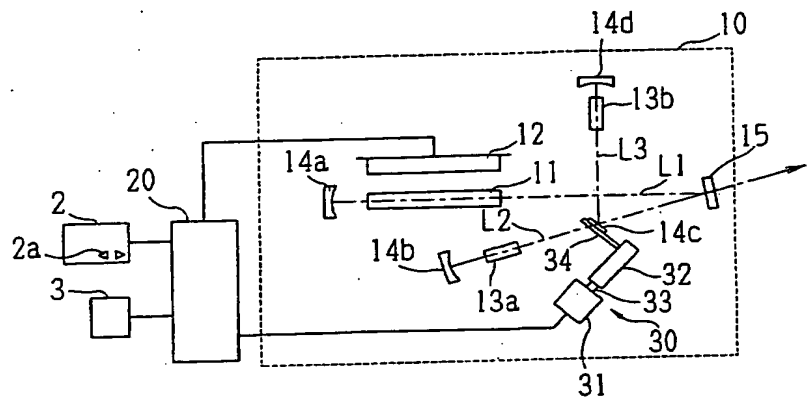
【符号の説明】

- 1 レーザ装置本体
- 10 レーザ発振器
- 11 Nd:YAG結晶
- 12 半導体レーザ
- 13a、13b 非線型結晶
- 14a～14d 全反射ミラー
- 15 出力ミラー
- 30 挿脱装置

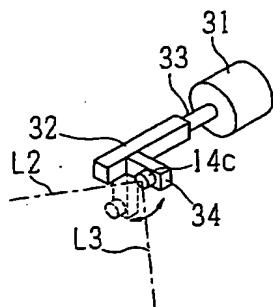
【図1】



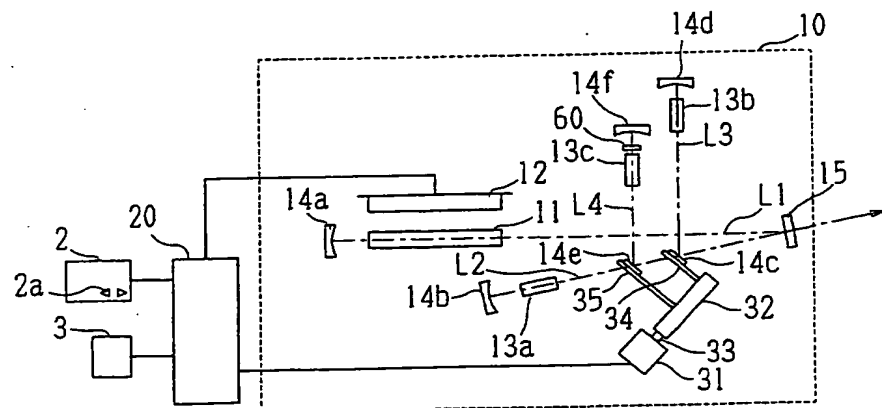
【図2】



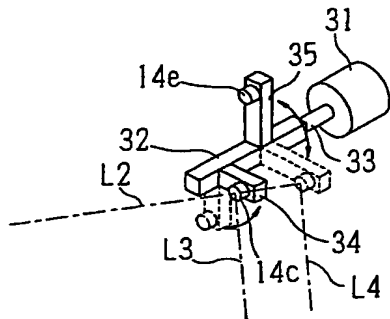
【図3】



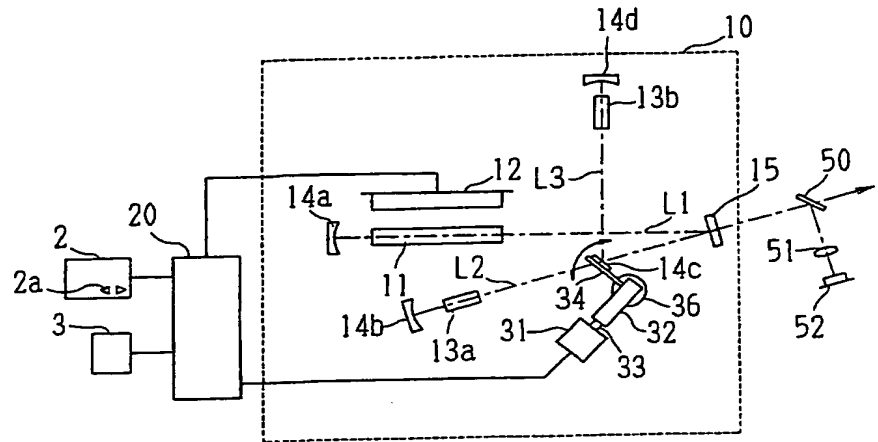
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
H 0 1 S 3/109

識別記号

F I  
A 6 1 F 9/00

テーマコード(参考)

5 1 1  
5 0 6

Fターム(参考) 2K002 AA04 AB12 CA02 DA01 EA30  
HA20  
4C026 AA03 BB07 BB08 FF02 FF03  
FF34 GG03 HH02 HH16  
4C082 RA05 RA08 RC08 RC09 RE02  
RE35 RJ03 RL02 RL13 RL16  
RL23  
5F072 AB02 KK01 KK05 KK12 QQ02  
YY01

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-204099  
 (43)Date of publication of application : 18.07.2003

(51)Int.Cl.

H01S 3/082  
 A61B 18/20  
 A61F 9/007  
 A61N 5/06  
 G02F 1/37  
 H01S 3/109

(21)Application number : 2002-002812  
 (22)Date of filing : 09.01.2002

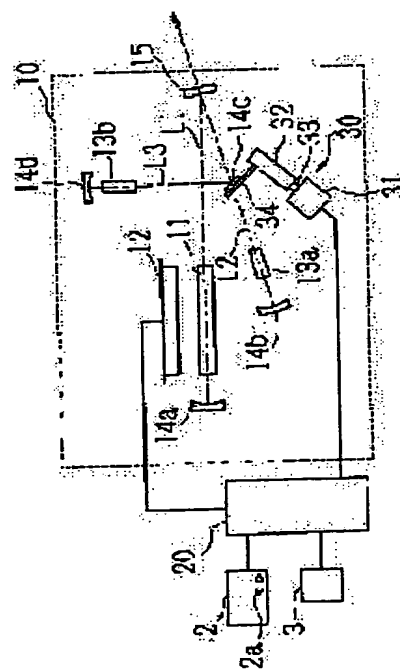
(71)Applicant : NIDEK CO LTD  
 (72)Inventor : TAKADA YASUTOSHI  
 HAYASHI KENICHI

## (54) LASER DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser device which has a simple structure, is easily kept high in alignment accuracy when it switches from one wavelength to another, and is capable of efficiently projecting a laser beam of different wavelengths.

**SOLUTION:** This laser device projecting a laser beam of different wavelengths is equipped with a laser oscillation source, a first resonance optical system which oscillates a first laser beam by the resonance of a pair of resonant mirrors arranged as they sandwich the laser oscillation source between them, a plane mirror, an inserting means which moves the plane mirror in the plane direction so as to insert it into or pull it out from the optical path of the first resonance optical system, and a second resonance optical system which uses a resonance optical path on a laser oscillation source side in common with the first resonance system when the plane mirror is inserted into the optical path and oscillates a second laser beam different from the first laser beam by the resonance of its exclusive resonant mirror arranged in the reflecting direction of the plane mirror.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Laser equipment which is characterized by providing the following and which carries out outgoing radiation of the laser beam of different wavelength A source of laser oscillation The 1st resonance optical system which oscillates the 1st laser beam by resonance of a mirror for resonance of a pair arranged across this source of laser oscillation A plane mirror The 2nd resonance optical system which oscillates the 2nd laser beam which differs from said 1st laser beam by resonance of a mirror for resonance of dedication arranged in the reflective direction of the plane mirror while sharing a resonance optical path by the side of said source of laser oscillation in said 1st resonance optical system with an insertion-and-detachment means make move this plane mirror in the direction of a plane, and insert between optical paths of said 1st resonance optical system, by insertion to an optical path of said plane mirror

[Claim 2] Laser equipment characterized by having a wavelength sensing element arranged at least at one side of an exclusive optical path of said 1st resonance optical system or the 2nd resonance optical system in laser equipment of claim 1.

[Claim 3] It is laser equipment characterized by being the rotation drive rotated to the circumference of a shaft with which the plane and said insertion-and-detachment means cross said plane mirror at right angles in laser equipment of claim 1.

[Claim 4] It is laser equipment of claim 1 which is equipped with the following and characterized by an insertion-and-detachment means of said 1st plane mirror and an insertion-and-detachment means of said 2nd plane mirror having the rotation drive which rotates to the circumference of the shaft centering on a common shaft which intersects perpendicularly with a plane of each plane mirror. The 2nd different plane mirror from the 1st plane mirror which constitutes said 2nd resonance optical system A 2nd insertion-and-detachment means to be the 2nd insertion-and-detachment means which moves this 2nd plane mirror in the direction of a plane, and to insert in a different location from said 1st plane mirror between optical paths of said 1st resonance optical system The 3rd resonance optical system which oscillates a laser beam which has the mirror for resonance of dedication arranged in the reflective direction of the plane mirror, and is different from said 1st and 2nd laser beams while sharing a resonance optical path by the side of said source of laser oscillation in said 1st resonance optical system by insertion to an optical path of said 2nd plane mirror

[Claim 5] It is laser equipment characterized by inserting respectively in a resonance optical path in laser equipment of claim 4 with an insertion-and-detachment means by which said 1st plane mirror and 2nd plane mirror are the same.

[Claim 6] Which laser equipment of claims 1-5 is laser equipment characterized by having a detection means to detect an output of a laser beam to oscillate further, and an angle modification means to change whenever [ angle-of-reflection / of a plane mirror inserted into said 1st resonance optical path based on this detection result ].

[Claim 7] It is laser equipment which is a solid-state-laser medium with an oscillation line of two or more peak wavelength with which said sources of laser oscillation differ in laser equipment of claim 1, and is characterized by arranging a wavelength sensing element for acquiring the 2nd higher harmonic of an oscillation line different, respectively as a laser beam to said 1st optical system and 2nd optical system.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the laser equipment which can choose the laser beam of two or more wavelength, and can be oscillated.

[0002]

[Description of the Prior Art] Argon die laser with the wavelength of a laser beam strange good as laser equipment in which outgoing radiation is possible, the krypton laser of multi-wave length, etc. are known in the laser beam of the wavelength from which plurality differs. These are used in various fields, such as the medical fields, such as an ophthalmology operation from which the wavelength for which it is suitable for the affected part or the therapy purpose differs. for example, the therapy of the disease (affected part) which changes with differences in wavelength (color) centering on a visible region in an ophthalmology operation — carrying out — \*\*\*\* — a disease (affected part) — red and which different green wavelength (color) — coincidence — or also when using it, switching, for a certain reason, it is convenient that the outgoing radiation of the wavelength from which plurality differs with one equipment can be carried out. By the way, the wavelength adjustable laser therapeutic device mentioned above is a gas or die laser, and since there are many problems — that a laser tube is a short life, needing great power, and equipment is enlarged — the laser equipment by solid state laser in which a multi-wavelength oscillation is possible is studied. As shown in Japanese Patent Application No. No. 248714 [ 2001 to ] by the inside of such a background, for example, these people, by making it insert [ members /, such as a mirror, / optical ] in a resonance optical path, a resonance optical path is changed and the way it performs wavelength selection is proposed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In Japanese Patent Application No. No. 248714 [ 2001 to ], the factor which bars alignment precision shall be lessened by lessening the number of the optical members driven at the time of a wavelength change as much as possible. However, when it is going to raise alignment precision further, it is necessary to take into consideration the repeatability of the halt location accompanying insertion and detachment of the optical member to drive etc.

[0004] In view of the above-mentioned trouble, this invention makes still easier reservation of the alignment precision at the time of a wavelength change with a simple configuration, and makes it a technical technical problem to offer the laser equipment in which outgoing radiation is possible for the laser beam of the wavelength from which plurality differs efficiently.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, it is characterized by equipping this invention with the following configurations.

It is laser equipment which carries out outgoing radiation of the laser beam of different wavelength. (1) A source of laser oscillation, The 1st resonance optical system which oscillates the 1st laser beam by resonance of a mirror for resonance of a pair arranged across this source of laser oscillation, A plane mirror and an insertion-and-detachment means to make move this plane mirror in the direction of a plane, and to insert between optical paths of said 1st resonance optical system, While sharing a resonance optical path by the side of said source of laser oscillation in said 1st resonance optical system by insertion to an optical path of said plane mirror It is characterized by having the 2nd resonance optical system which oscillates the 2nd laser beam which differs from said 1st laser beam by resonance of a mirror for resonance of dedication arranged in the reflective direction of the plane mirror.

(2) In laser equipment of (1), it is characterized by having a wavelength sensing element arranged at least at one side of an exclusive optical path of said 1st resonance optical system or the 2nd resonance optical system.

(3) In laser equipment of (1), it is characterized by said insertion-and-detachment means being a rotation drive made to rotate said plane mirror to the circumference of a shaft which intersects perpendicularly with the plane.

(4) The 2nd different plane mirror from the 1st plane mirror which constitutes said 2nd resonance optical system in laser equipment of (1), A 2nd insertion-and-detachment means to be the 2nd insertion-and-detachment means which moves this 2nd plane mirror in the direction of a plane, and to insert in a different location from said 1st plane mirror between optical paths of said 1st resonance optical system, While sharing a resonance optical path by the side of said source of laser oscillation in said 1st resonance optical system by insertion to an optical path of said 2nd plane mirror It has the mirror for resonance of dedication arranged in the reflective direction of the plane mirror. It has the 3rd resonance optical system which oscillates a different laser beam from said 1st and 2nd laser beams, and an insertion-and-detachment means of said 1st plane mirror and an insertion-and-detachment means of said 2nd plane mirror are characterized by having the rotation drive which rotates to the circumference of the shaft centering on a common shaft which intersects perpendicularly with a plane of each plane mirror.

(5) In laser equipment of (4), it is characterized by inserting respectively in a resonance optical path with an insertion-and-detachment means by which said 1st plane mirror and 2nd plane mirror are the same.

(6) (1) Which laser equipment of - (5) is characterized by having a detection means to detect an output of a laser beam to oscillate further, and an angle modification means to change whenever [ angle-of-reflection / of a plane mirror inserted into said 1st resonance optical path based on this detection result ].

In laser equipment of (7) and (1), said source of laser oscillation is a solid-state-laser medium with an oscillation line of two or more different peak wavelength, and it is characterized by arranging a wavelength sensing element for acquiring the 2nd higher harmonic of an oscillation line different, respectively as a laser beam to said 1st optical system and 2nd optical system.

[0006]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on a drawing. The <example 1> example 1 explains two waves of laser beams using the equipment oscillated alternatively. Drawing 1 is the external view of the laser photocoagulator for ophthalmology which uses a slit lamp. Drawing 2 is the optical system and the control-system schematic diagram of equipment. 1 is a main part of laser equipment, and a part of light guide optical system for carrying out the light guide of the laser oscillation machine 10 and laser beam which are mentioned later to the affected part of a patient eye, and irradiating them, and control-section 20 grade are contained. 2 is the control section of equipment and the various switches for carrying out the setting input of wavelength selection switch 2a and the laser radiation conditions which choose the wavelength of a laser beam are formed. 3 is a foot switch for sending the trigger signal of laser radiation. 4 is a slit lamp and it has a part of observation optical system for observing a patient eye, and light guide optical system. 5 is a fiber for carrying out the light guide of the laser beam from a main part 1 to the slit lamp 4. 6 is a stand for moving the slit lamp 4 up and down.

[0007] drawing 2 — it is, and 10 is a laser oscillation machine and the interior is equipped with the Nd:YAG crystal (only henceforth a rod) 11 which is a solid-state-laser medium as a source of laser oscillation, the semiconductor laser (only henceforth LD (Laser Diode)) 12 which is the excitation light source, the nonlinear crystal (only henceforth NLC (Non Linear Crystal)) 13a and 13b which is a wavelength converter, total reflection mirrors (only henceforth HR (High Reflector)) 14a-14d, and the output mirror 15. In addition, as nonlinear crystal, a KTP crystal, an LBO crystal, a BBO crystal, etc. are usable, and the KTP crystal is used with this operation gestalt.

[0008] A Nd:YAG crystal emits light with two or more oscillation lines (peak wavelength) of a near-infrared region by the excitation light from the excitation light source. So, with the equipment of this operation gestalt, outgoing radiation of the with a colors (about 532nm (green) and about 659nm (red)) of two laser beam is carried out by generating the second harmonic in the oscillation line which is two which are about 1064nm with a high output, and about 1319nm among two or more oscillation lines using nonlinear crystal.

[0009] HR14a is prepared in the end of the optical path of the optical axis L1 with which a rod 11 is arranged, and the output mirror 15 leans only a predetermined angle to the other end, and is prepared in it. Although HR14a has the property of total reflection to the wavelength of 1064nm and 1319nm, it may not restrict to this and you may have the property that the wavelength of the infrared region containing the wavelength of 1064nm and 1319nm is reflected widely. The output mirror 15 has the property which penetrates 532nm and 659nm while carrying out total reflection of the wavelength of 1064nm and 1319nm. On the optical axis L2 of the reflective direction of the output mirror 15, NLC13a and HR14b are fixed and it is prepared. To the wavelength of 1319nm, NLC13a is arranged so that the wavelength of 659nm which is the second harmonic may be generated. HR14b has the property of total reflection to 1319nm and 659nm.

[0010] It is possible to carry out outgoing radiation of the 659nm of the second harmonic which the 1st resonance optical system which has the resonator structure of a pair where HR14a of an optical axis L1 and HR14b on an optical axis L2 counter on both sides of a rod 11, by such optical arrangement is constituted, and is generated by NLC13a from the output mirror 15, without being prevented with a rod 11. In addition, when the effect of aberration is taken into consideration, the narrower possible one of the angle (whenever [ angle-of-reflection ]) which an optical axis L1 and an optical axis L2 make is desirable.

[0011] Moreover, between the output mirror 15 on an optical axis L2, and NLC13a, HR14c which is a plane mirror is arranged possible [ insertion and detachment ]. HR14c has the property of total reflection to 1064nm and 532nm. On the optical axis L3 of the reflective direction of HR14c, NLC13b and HR14d are prepared fixed. To the wavelength of 1064nm, NLC13b is arranged so that the wavelength of 532nm which is the second harmonic may be generated. HR14d has the property of total reflection to 1064nm and 532nm as well as HR14c.

[0012] When HR14c is inserted on an optical axis L2 by such optical arrangement, HR14a of the 1st resonance optical system, a rod 11, and the output mirror 15 are shared, and the 2nd resonance optical system from which HR14a and HR14d serve as a resonator of a pair on both sides of a rod 11 is constituted. Insertion and detachment of a up to [ the optical axis L2 of HR14c ] are performed by insertion-and-detachment equipment 30. Drawing 3 is the schematic diagram having shown the configuration of insertion-and-detachment equipment 30.

[0013] 31 is a driving means and uses a stepping motor in this example. Moreover, a driving means 31 should just be the object which can perform control of not only a stepping motor but angle of rotation. The shank 32 is joined by the driving means 31 through the joint material 33, and a shank 32 rotates by the drive of a driving means 31. Moreover, the mirror holder 34 is attached in the shank 32 by whenever [ predetermined axial-angle ] to the axis of rotation. Furthermore, HR14c is attached in the mirror holder 34 so that the plane of the reflector may become right-angled to the axis of rotation of a shank 32. With the insertion-and-detachment means 30 equipped with such a configuration, it will be moved in the direction of a plane in rotation actuation, and will insert [ c / HR14 ] on an optical axis L2.

[0014] Moreover, by such rotation actuation, when HR14c is in the location of the continuous line shown in drawing 3, the 2nd resonance optical system is formed, and when HR14c is in the location (location where an optical axis L2 does not hit the reflector of HR14c) of the dotted line shown in drawing 3, the 1st resonance optical system will be formed.

[0015] The actuation is explained in the laser photocoagulator equipped with the above configurations. The <outgoing radiation method of 659nm laser beam> way person makes the color (wavelength) of the laser beam used for an operation red (659nm) by wavelength selection switch 2a. At the time of red selection, HR14c is the location of the dotted line shown in drawing 3, and it is placed out of an optical axis L2. Outgoing radiation control of a laser beam uses a foot switch 3, shown in drawing 3, and it is placed out of an optical axis L2. If a trigger signal is received, a control section 20 will carry out the seal of approval of the current to LD12, and will excite a rod 11 by LD12. In addition, AR (Anti Reflective) coating is performed to the both-ends side of the Nd:YAG crystal which is a rod 11 so that permeability may be raised to 1064nm and 1319nm. If a rod 11 is excited, between HR14a and HR14b, 1319nm light will resonate and wavelength conversion will be carried out by NLC13a further arranged on an optical axis L2 at the 659nm light which is the 2nd higher harmonic. The obtained 659nm laser beam penetrates the output mirror 15, and a light guide is carried out to a fiber 5. And it glares towards a patient eye from exposure opening of the slit lamp 4.

[0016] The <outgoing radiation method of 532nm laser beam> way person makes the color (wavelength) of the laser beam used for an operation green (532nm) by wavelength selection switch 2a. A control section 20 makes insertion-and-detachment equipment 30 drive, and locates HR14c on an optical axis L2 (continuous line location of drawing 3). Moreover, by the trigger signal from a foot switch 3, a control section 20 carries out the seal of approval of the current to LD12, and excites a rod 11. If a rod 11 is excited, between HR14a and HR14d, 1064nm light will resonate and wavelength conversion will be carried out by NLC13b further arranged on an optical axis L3 at the 532nm light which is the 2nd higher harmonic. The obtained 532nm laser

beam penetrates the output mirror 15, and a light guide is carried out to a fiber 5. And it glares towards a patient eye from exposure opening of the slit lamp 4.

[0017] In addition, although it shall move in the direction of a plane and shall insert [ c / HR14 ] on an optical axis L2 by rotation actuation above, this is good also as a device by straight line migration. If the optical axis L2 has hit the reflector of HR14c even if a gap of the halt location of HR14c occurs for such a configuration, the reflected light will always be located on an optical axis L3. Therefore, the alignment precision at the time of forming the 2nd resonance optical system according to the drive error of a driving means 31 etc., even if an optical axis L2 is not located at the center of the reflector of HR14c will be secured, and laser oscillation will be performed efficiently.

[0018] <Example 2> An example 2 explains three waves of laser beams using the equipment oscillated alternatively below. It is drawing in which drawing 4 shows the optical system and the control-system schematic diagram of equipment, and drawing 5 shows the configuration of insertion-and-detachment equipment 30'. What has an example 1 and this function here attaches a same sign, and explanation is omitted. With the equipment of an example 2, outgoing radiation of the with a colors (about 532nm (green), about 561nm (yellow), and about 659nm (red)) of three laser beam is carried out by generating the second harmonic in three oscillation lines, about 1064nm, about 1123nm, and about 1319nm, using nonlinear crystal.

[0019] HR14a' is prepared in the end of the optical path of the optical axis L1 with which a rod 11 is arranged, and output mirror 15' leans only a predetermined angle to the other end, and it is prepared in it. HR14a' has the property of total reflection to the wavelength of 1064nm, 1123nm, and 1319nm here. Output mirror 15' has the property which penetrates 532nm, 561nm, and 659nm while carrying out total reflection of the wavelength of 1064nm, 1123nm, and 1319nm.

[0020] In addition to the optical member shown in the example 1, in the example 2, HR14e, HR14f, NLC13c, and the wavelength selection element 60 are added. HR14e is arranged possible [ insertion and detachment of on an optical axis L2 ] between the location where it inserts [ c / HR14 ], and NLC13a. Moreover, on the optical axis L4 of the reflective direction of HR14e, NLC13c and HR14f are prepared fixed. HR14e and HR14f have the property of total reflection to 1123nm and 561nm here. To the wavelength of 1123nm, NLC13c is arranged so that 561nm which is the second harmonic may be generated. By using such a configuration, HR14a of the 1st resonance optical system, a rod 11, and the output mirror 15 are shared, HR14a and HR14f serve as a resonator of a pair on both sides of a rod 11, and the 3rd resonance optical system is formed.

[0021] Moreover, insertion-and-detachment equipment 30' for making it insert [ e / HR14 ] on an optical axis L2 uses a configuration as shown in drawing 5. Insertion-and-detachment equipment 30' shown here is that by which the mirror holder 35 and HR14e joined the insertion-and-detachment equipment 30 shown in the example 1. The mirror holder 34 and the mirror holder 35 are respectively attached in the location where it differs on a shank 32 by whenever [ to the axis of rotation of a shank 32 / different axial-angle ]. Moreover, both HR14c and HR14e are plane mirrors, and are respectively attached on the concentric circle centering on the axis of rotation at the mirror holders 34 and 35.

[0022] In addition, he is trying, as for attachment of HR14c and HR14e, for the reflector to become a right angle to the axis of rotation like an example 1. Moreover, as for a change, it is desirable to lessen the drive error according HR14c and HR14e on an optical axis L2 to rotation as much as possible. Therefore, the installation angle (whenever [ axial-angle ]) of the mirror holder 35 to the mirror holder 34 attached in the shank 32 is made small to the degree acting as [ when designing resonance optical system ] a failure.

[0023] In the laser photocoagulator equipped with the above configurations, an oscillation and the actuation which carries out outgoing radiation are explained alternatively three waves. What is necessary is just to remove HR14c and HR14e from the optical axis L2 using insertion-and-detachment equipment 30', when carrying out outgoing radiation of the 659nm laser beam. Moreover, what is necessary is for a 532nm laser beam just to locate HR14c on an optical axis L2 using insertion-and-detachment equipment 30', when carrying out outgoing radiation, an oscillation and. At this time, it will separate from HR14e from an optical axis L2 automatically (when HR14c is put on the location of a continuous line in drawing 5). Moreover, what is necessary is for a 561nm laser beam just to locate HR14e on an optical axis L2 using insertion-and-detachment equipment 30', when carrying out outgoing radiation, an oscillation and. At this time, it will separate from HR14c from an optical axis L2 automatically (when HR14f is put on the location of a dotted line in drawing 5).

[0024] Thus, by performing three waves of changes by one insertion-and-detachment device, compared with using two or more insertion-and-detachment devices, alignment precision improves further and efficient laser oscillation becomes possible. Moreover, since it is a simple configuration, cost can be lowered compared with using two or more insertion-and-detachment devices. In the above example, although three waves are made into selection and the thing which carries out outgoing radiation, it does not restrict to this, and it can choose and outgoing radiation of two or more wavelength can be carried out to pans, such as four etc. waves.

[0025] Moreover, although the reflector of a plane mirror shall be located in a right angle to the axis of rotation in the examples 1 and 2, shakiness of the shaft at the time of rotation actuation may arise at the time of drive actuation of a driving means. In such a case, it is considered that it also becomes impossible for a reflector to maintain a right angle to the axis of rotation by shakiness. Even if it is such a case, the configuration which can maintain alignment precision is shown and explained to drawing 6. What has the same function as an example 1 here attaches a same sign, and omits explanation.

[0026] 36 is a driving means which consists of a stepping motor, can make the rotation drive of the HR13c able to carry out in the direction of an arrow head which shows a shank 32 to drawing 6 through a driving shaft without illustration, and can change whenever [ angle-of-reflection / of the flux of light which hits HR14c by this ]. It is an output detection means by which a beam splitter consists in 50 and a condenser lens and 52 consist of a photodiode in 51.

[0027] When HR14c is placed on an optical axis L2 like an example 1 and outgoing radiation of the 532nm laser beam is carried out from the output mirror 15, it will be reflected by the beam splitter 50 and a part of the flux of light will be received by the output detection means 52 through a condenser lens 51. A control section 20 changes whenever [ angle-of-reflection / of HR14c ] using a driving means 36, and makes whenever [ position angle / of HR14c ] determine so that the output detection signal from the output detection means 52 may serve as max.

[0028] Even if it is the case where the axis of rotation of a shank 32 and the reflector of HR14c are not maintained by the right angle according to the backlash at the time of insertion of HR14c etc. on the optical axis L2, by using such a configuration, it is possible to raise alignment precision. Moreover, although the laser photocoagulator used for ophthalmology was mentioned as the example and the gestalt of this operation explained it, if it is laser equipment which changes many wavelength, this invention is applicable [ it does not restrict to this, and ]. Moreover, not only solid state laser but gas laser etc. can be applied to other laser oscillation gestalten.

[0029]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, reservation of the alignment precision at the time of a wavelength change can be made easy, and the laser beam of the wavelength from which plurality differs efficiently can be obtained. Moreover, even if it is the case where three or more waves of laser beams are changed and outputted, an alignment gap can be suppressed as much as possible by setting the drive of a change to one.

---

[Translation done.]

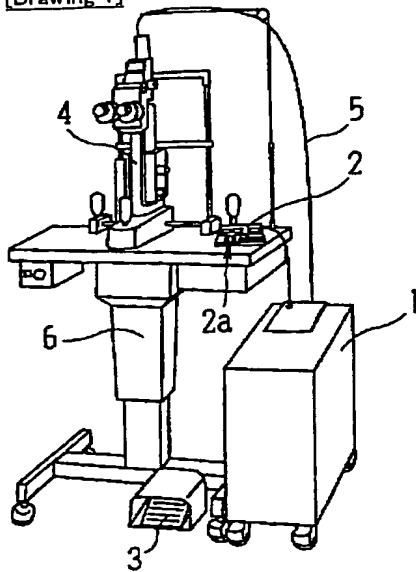
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

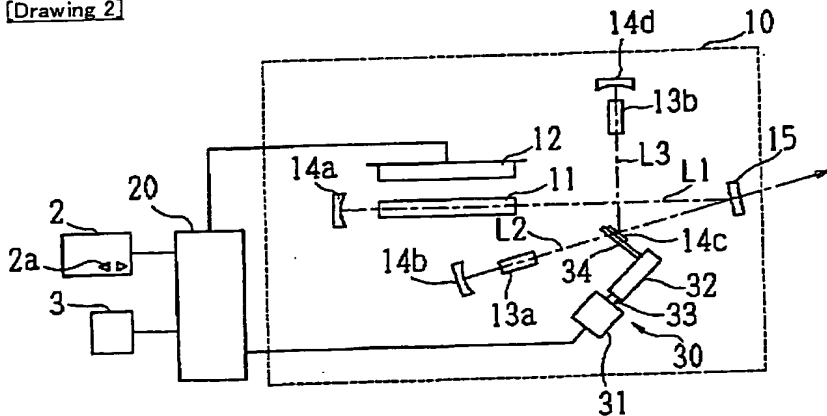
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

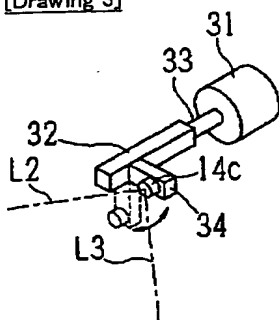
[Drawing 1]



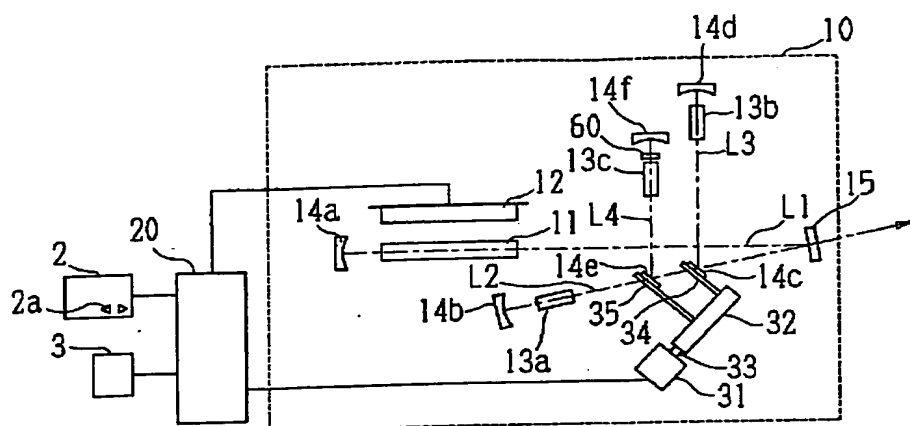
[Drawing 2]



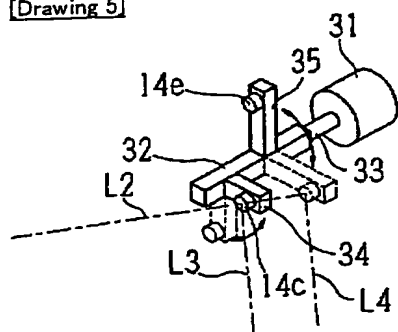
[Drawing 3]



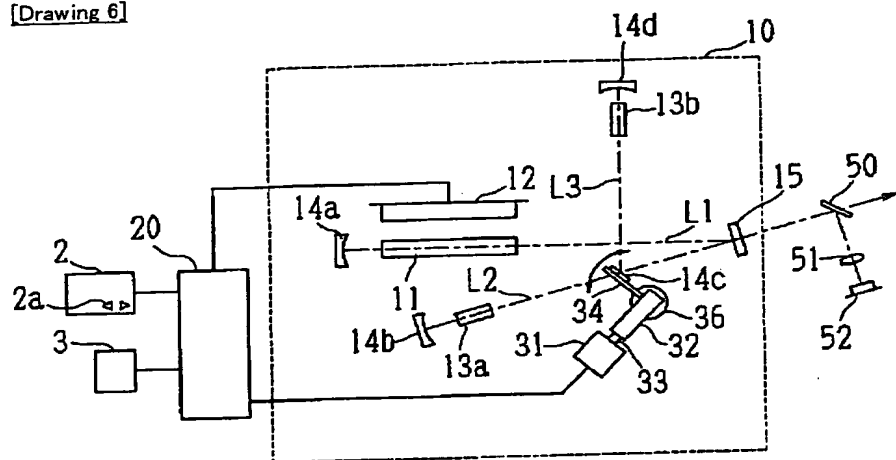
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**